

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-152577  
 (43)Date of publication of application : 30.05.2000

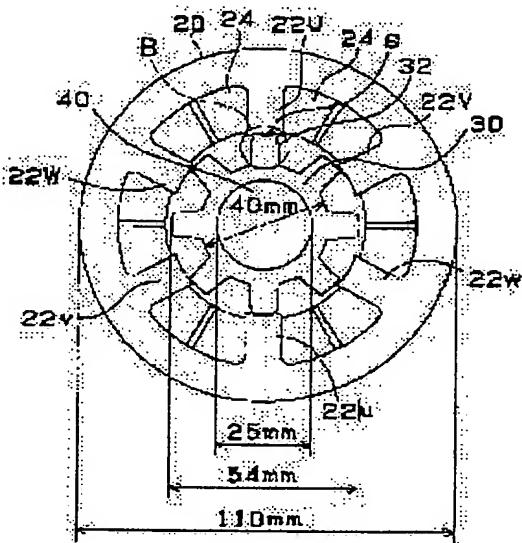
(51)Int.CI. H02K 19/10  
 H02K 1/24

(21)Application number : 10-317662 (71)Applicant : TOYODA MACH WORKS LTD  
 (22)Date of filing : 09.11.1998 (72)Inventor : SAKUGI YASUNORI  
 YAMAGUCHI SHIGETOSHI

## (54) RELUCTANCE MOTOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a reluctance motor in which torque ripples are suppressed.  
**SOLUTION:** This reluctance motor consists of a stator equipped with salient poles 22U-22W around which winding 24 is wound, and a rotor 30 equipped with salient poles 32. By imparting a rotation radius to the tip surface S of the salient pole 32 of the rotor 30, the change of inductance of an armature winding 24 is made sinusoidal. As a result, torque ripples can be suppressed so that vibration is not generated when this motor is used in electrically-driven power steering.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-152577

(P 2000-152577 A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int. C.I.

H 02 K 19/10  
1/24

識別記号

F I

H 02 K 19/10  
1/24

マーク (参考)

A 5H002  
A 5H619

審査請求 未請求 請求項の数 4 O.L.

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-317662

(71) 出願人 000003470

豊田工機株式会社

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

(22) 出願日 平成10年11月9日 (1998.11.9)

(72) 発明者 横木 康徳

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機  
株式会社内

(72) 発明者 山口 茂利

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機  
株式会社内

(74) 代理人 100095795

弁理士 田下 明人 (外1名)

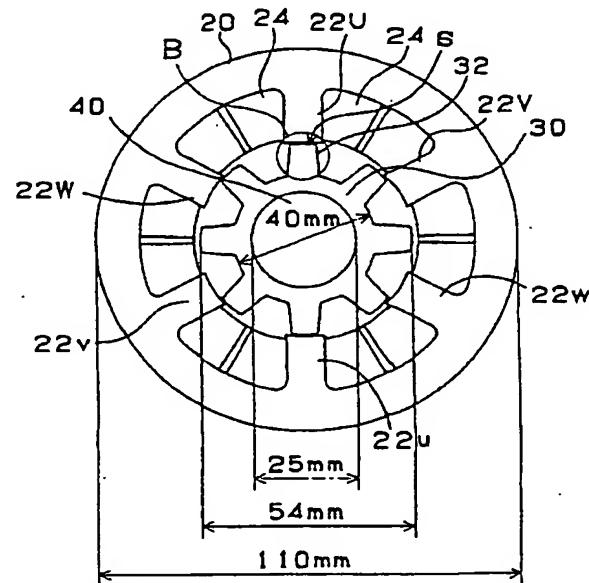
ドーム (参考) 5H002 AA01 AA04 AA08  
5H619 AA01 AA05 AA10 BB01 BB06  
BB15 BB22 BB24 PP02 PP05

(54) 【発明の名称】 リラクタンスモータ

(57) 【要約】

【課題】 トルクリブルを抑えたリラクタンスモータを  
提供する。

【解決手段】 リラクタンスモータ10は、捲線24の  
巻回された突極22U～22Wを備えるステータ20  
と、突極32を備えるロータ30とからなる。ロータ3  
0側の突極32の先端面Sにアールを付けることで、電  
機子捲線24のインダクタンスの変化を正弦波状にす  
る。このため、トルクリブルを抑えることが可能とな  
り、電動パワーステアリングに用いられた際に、振動を  
生じせしめることが無くなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 捲線の巻回された突極を備えるステータと、突極を備えるロータとからなるリラクタンスモータにおいて、

前記ロータ側の突極の先端面に、回転中心を中心とする円弧の曲率よりも大きな曲率のアールを付けたことを特徴とするリラクタンスモータ。

【請求項2】 捲線の巻回された突極を備えるステータと、突極を備えるロータとからなるリラクタンスモータにおいて、

少なくとも前記ステータ側の突極と、前記ロータ側の突極との一方の先端面の角部を面取りしたことを特徴とするリラクタンスモータ。

【請求項3】 捲線の巻回された突極を備えるステータと、突極を備えるロータとからなるリラクタンスモータにおいて、

リラクタンスモータの外径を70～110mmとし、前記ロータの突極の先端面に、曲率の半径が17～22mmのアールを付けたことを特徴とするリラクタンスモータ。

【請求項4】 前記ロータの突極の曲率の半径を19～20mmにしたことを特徴とする請求項3のリラクタンスモータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、リラクタンスモータに関し、特に、電動パワーステアリング等の駆動に好適に用い得るバイアブルリラクタンスモータに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】現在、自動車の電動パワーステアリングの動力源としては、DCブラシレスモータが多く用いられている。ここで、DCブラシレスモータでは、ステータ側に焼結体からなる永久磁石を配設しているため、エンジンルーム内で発生する熱及び振動で、該永久磁石の一部が欠損し、欠損した永久磁石がステータとロータ間に侵入してしまい、モータをロックしてしまう可能性があった。このため、永久磁石を用いないリラクタンスモータの使用が検討されている。リラクタンスモータは、捲線の巻回された突極を備えるステータと、突極を備えるロータとからなり、ステータ側の突極と、ロータ側の突極との間に発生するリラクタンス変化に伴い、ステータ側の巻線のインダクタンスが変化し、該インダクタンスが変化している際に巻線に励磁電流を流すことにより、トルクを発生する。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、リラクタンスモータは、比較的大きなトルクリップルを発生し、例えば、電動パワーステアリングに用いた場合に、ステアリングに振動を発生させ、操舵感を損なわしめるとい

う課題がある。トルクリップルは、電流指令を調整することで抑えることもできるが、電流制御が非常に複雑になる。

【0004】本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、トルクリップルを抑えたリラクタンスモータを提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、上記目的を達成するため、捲線の巻回された突極を備えるステータと、突極を備えるロータとからなるリラクタンスモータにおいて、前記ロータ側の突極の先端面に、回転中心を中心とする円弧の曲率よりも大きな曲率のアールを付けたことを技術的特徴とする。

【0006】請求項2の発明は、捲線の巻回された突極を備えるステータと、突極を備えるロータとからなるリラクタンスモータにおいて、少なくとも前記ステータ側の突極と、前記ロータ側の突極との一方の先端面の角部を面取りしたことを技術的特徴とする。

【0007】請求項3の発明は、捲線の巻回された突極を備えるステータと、突極を備えるロータとからなるリラクタンスモータにおいて、リラクタンスモータの外径を70～110mmとし、前記ロータの突極の先端面に、曲率の半径が17～22mmのアールを付けたことを技術的特徴とする。

【0008】請求項4の発明は、請求項1において、前記ロータの突極の曲率の半径を19～20mmにしたことを技術的特徴とする。

【0009】請求項1のリラクタンスモータでは、突極の先端面にアールを付けてあるため、捲線のインダクタンスの変化を正弦波状にすることができる。このため、トルクリップルを抑えることが可能となる。

【0010】請求項2のリラクタンスモータでは、突極の先端面の角部を面取りしてあるため、捲線のインダクタンスの変化を正弦波状にすることができる。このため、トルクリップルを抑えることが可能となる。

【0011】請求項3のリラクタンスモータは、外径70～110mmであるため、電動パワーステアリングに好適に用いることができる。また、外径70～110mmで、ロータの突極の先端面に曲率の半径が16～23mmのアールを付けてあるため、トルクリップルを抑えることができる。

【0012】請求項4のリラクタンスモータは、ロータの突極の曲率の半径を19～20mmにしてあるため、トルクリップルを最小にすることができます。

## 【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1実施形態に係るリラクタンスモータについて図を参照して説明する。図1は電動パワーステアリングに用いられる第1実施態様のリラクタンスモータ10の縦断面を示し、図2は、

図1に示すリラクタンスマータ10の八矢視図であり、図3は、リラクタンスマータのステータ20とロータ30のみを取り出して示す図である。なお、図2では、図中の右半分を切り欠いて、ステータ20及びロータ30を示している。

【0014】図1に示すように、ロータ30はシャフト40に支持され、ステータ20はハウジング50の内周に保持されている。該シャフト40は、ハウジング50に配設されたペアリング42、44にて保持されている。該ステータ20の突極22U～22W(図3参照)には、捲線24が巻回されている。図1中に示すようにシャフト40の一端には、エンコーダ52が接続されている。また、ハウジング50の一方の側面には、該リラクタンスマータ10をステアリング(図示せず)側に取り付けるためのフランジ板54が配設されている。

【0015】図3に示すようにステータ20の内周には、それぞれU-V-W相を構成する6本の突極22U、22u、22V、22v、22W、22wが形成されている。また、ロータ30の外周には、該突極22U～22Wと対向する8本の突極32が形成されている。該リラクタンスマータ10は、外形110mmに形成され、ロータ30は外形54mm、内径25mm、突極を除く外形40mmに形成されている。ロータ30及びステータ20は共に0.5mmの積層鋼板からなり、該積層鋼板を106枚重ねることで形成されている。

【0016】図3中に‘B’として示すロータ30の突極32の先端面Sを拡大して図4に示す。ロータ30の突極32の歯幅は8mmに形成され、先端面Sにはロータ30上の任意の点C(各突極32毎に設定する)から半径13mmの円弧となるような曲率のアールを付けて形成されている。なお、本実施形態では、ロータを積層鋼板を重ねることで構成するため、先端面Sを任意の形状にすることができる。図中で破線は、リラクタンスマータの回転中心Cから半径27mm(直径54mm)の半円を示している。

【0017】従来技術に係るリラクタンスマータにおいては、破線で示す半円に沿うようにロータ側の突極の先端面を形成していた。即ち、ステータ20側の突極22U(図3参照)とのエアーギャップがラジアル方向に均一になるように形成されていた。

【0018】この従来技術の突極を備えるリラクタンスマータの1相分のインピーダンス法(捲線に商用周波数の単相交流をかけたときに測定されるインピーダンスから自己インダクタンスを求める)により測定した回転角に対する電機子捲線の自己インダクタンス特性を図5(△)に示す。

【0019】ここで、ロータ30側の突極32とステータ20側の突極22U～Wとの相対位置の変化に伴い、インピーダンスが変化するが、突極22U～Wと突極32との角部において、インピーダンスが滑らかに変化し

ないため、図中に示すように台形波状にインピーダンスが変化している。すなわち、電機子捲線のインダクタンスには、高調波成分が含まれる。このため、正弦波状に変化する電流を捲線に加えた際に、該高調波成分に伴うトルクリップルが発生し、電動パワーステアリングに振動を与えていた。

【0020】これに対して、本実施形態では、ロータ30側の突極32の先端面Sに、回転中心Cを中心とする円弧の曲率よりも大きな曲率のアールを付けてある。こ

10 のため、突極22U～Wと突極32との角部において、インピーダンスを滑らかに変化させることができる。このリラクタンスマータ10の1相分のインピーダンス法により測定した回転角に対する電機子捲線の自己インダクタンス特性を図5(B)に示す。

【0021】この実施形態の形状では、図5(B)中に示すように正弦波状にインピーダンスが変化しており、電機子捲線24のインダクタンスには、大きな高調波成分が含まれていない。

【0022】ここで、該第1実施形態のリラクタンスマータ10による発生トルクについて、図6を参照して説明する。図6(A)は、図5(B)を参照して上述した捲線のインダクタンスを微分した波形を示している。ここで、実線はU相分(突極22U、22uの捲線)のインダクタンスを示し、鉛線はV相分(突極22V、22vの捲線)を、一点鎖線はW相分(突極22W、22wの捲線)を示している。図中に示すように、捲線のインダクタンスを微分した波形も正弦波状になっている。

【0023】図6(B)は、捲線に印加される電機子電流を示し、実線はU相分を、鉛線はV相分を、一点鎖線はW相を示している。図中に示すように、印加電流は正弦波になっている。

【0024】図6(C)は、リラクタンスマータ10に発生するトルクを示している。ここで、一相分のトルクは次式で表すことができる。

$$T = (1/2) i^2 \cdot \partial L / \partial \theta$$

ここで、

T: トルク

i: 電機子電流

し: 電機子インダクタンス

10 θ: ロータ回転角(電気角)

図中で、実線はU相分を、鉛線はV相分を、一点鎖線はW相分を、二点鎖線はU相、V相、W相を合わせたリラクタンスマータ10のトルクを示している。図中二点鎖線で示すようにリラクタンスマータ10のトルクは直線状になり、トルクリップルを生じていない。

【0025】引き続き、リラクタンスマータのロータ30側突極32の先端面Sの曲率の半径Rの好適な値をシミュレーションした結果について、図7を参照して説明する。ここでは、自動車の電動パワーステアリングの駆動源として用い得る直径(外径)70～110mmを想定

し、3相、8突極のリラクタンスマータの突極構造(突極幅15mm)についてシミュレーション(DEM解析)した。

【0026】ここで、図7(A)はロータの突極の説明図であり、図7(B)は突極の先端面Sの曲率の半径Rによる正弦波との差の自乗を示すグラフである。図中に示すように、曲率の半径Rを17~22mmにすることで、正弦波との差を小さくできる。更に、曲率の半径Rを19~20mmにする事で、正弦波との差を最小にできることが分かる。

【0027】上述した実施形態では、ロータの突極の先端面に、回転中心を中心とする円弧の曲率よりも大きな曲率のアールを付けた。この代わりに、ロータ側の先端面の角部を面取りすることによって、インダクタンスの変化を正弦波状にし、トルクリップルを軽減することができる。

【0028】本実施形態では、永久磁石を用いないリラクタンスマータを電動パワーステアリングの駆動源として用いるため、電動パワーステアリングの信頼性を高めることができる。また、リラクタンスマータのトルクリップルを軽減するため、電動パワーステアリングの操舵フィーリングをトルクリップルによって損なうことがなくなる。

【0029】引き続き、本発明の第2実施形態に係るリラクタンスマータについて、図8を参照して説明する。上述した第1実施形態では、ロータ側の突極132の先端面Sにアールを付けたが、第2実施形態では、ステータ側の突極122側の先端面S2にアールを付け、或いは、角部C1に面取りしてある。なお、本実施形態では、ステータを積層鋼板を重ねることで構成するため、突極の先端面S2を任意の形状にすることができる。

【0030】第2実施形態においても、ステータ側の突極122とロータ側の突極132との角部Cにおいて、電機子捲線のインピーダンスを滑らかに変化させることができため、リラクタンスマータのトルクリップルを軽減することができる。

【0031】引き続き、本発明の第3実施形態に係るリラクタンスマータについて、図9を参照して説明する。上述した第1実施形態では、ロータ側の突極232の先端面S3にアールを付け、第2実施形態では、ステータ側の突極222側の先端面S4にアールを付けたが、この第3実施形態では、ステータ側突極222及びロータ側突極232共にアールが付けられ、或いは、角部C2に面取りしてある。なお、本実施形態では、ロータ及びステータを積層鋼板を重ねることで構成するため、突極の先端面S3、S4を任意の形状にすることができる。

【0032】第3実施形態においても、ステータ側の突極222とロータ側の突極232との角部C2において、電機子捲線のインピーダンスを滑らかに変化させることができため、リラクタンスマータのトルクリップルを

軽減することができる。なお、第3実施形態のリラクタンスマータにおいては、ステータ側の突極222の先端面S1とロータ側の突極232の先端面S3との形状を調整できるため、電機子のインダクタンスを最も正弦波に近づけることができ、トルクリップルをほぼ完全に無くすことができる。

#### 【0033】

【発明の効果】以上のように、請求項1のリラクタンスマータでは、突極の先端面にアールを付けてあるため、電機子捲線のインダクタンスの変化を正弦波状にすることができます。このため、トルクリップルを抑えることが可能となり、電動パワーステアリングに用いられた際に、振動を生じせしめることが無くなる。更に、DCブラシレスモータと比較してリラクタンスマータは簡易であるため、電動パワーステアリングを廉価に製造することができると共に、永久磁石を用いないため、信頼性を高めることができる。

【0034】請求項2のリラクタンスマータでは、突極の先端面の角部を面取りしてあるため、電機子捲線のインダクタンスの変化を正弦波状にすることができます。このため、トルクリップルを抑えることが可能となり、電動パワーステアリングに用いられた際に、振動を生じせしめることが無くなる。更に、DCブラシレスモータと比較してリラクタンスマータは簡易であるため、電動パワーステアリングを廉価に製造することができると共に、永久磁石を用いないため、信頼性を高めることができる。

【0035】請求項3のリラクタンスマータは、外径70~110mmであるため、電動パワーステアリングに好適に用いることができる。また、外径70~110mmで、ロータの突極の先端面に曲率の半径が16~23mmのアールを付けてあるため、トルクリップルを抑えることができる。

【0036】請求項4のリラクタンスマータは、ロータの突極の曲率の半径を19~20mmにしてあるため、トルクリップルを最小にすることができます。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るリラクタンスマータの縦断面図である。

【図2】図1に示すリラクタンスマータのA矢視図である。

【図3】図1に示すリラクタンスマータのロータ及びステータの説明図である。

【図4】図3に示すロータの突極の先端部の拡大図である。

【図5】図5(A)は、従来技術に係るリラクタンスマータのインダクタンスのグラフであり、図5(B)は、第1実施形態のリラクタンスマータのインダクタンスのグラフである。

【図6】図6(A)は、第1実施形態のリラクタンスマ

ータのインダクタンスを微分した値のグラフであり、図6 (B) は、電機子電流のグラフであり、図6 (C) は、リラクタンスモータのトルクのグラフである。

【図7】図7 (A) は、ロータの突極の説明図であり、図7 (B) は、曲率による正弦波とインダクタンスとの差を示すグラフである。

【図8】第2実施形態に係るリラクタンスモータのロータ突極及びステータ突極を示す説明図である。

【図9】第2実施形態に係るリラクタンスモータのロータ突極及びステータ突極を示す説明図である。

【符号の説明】

10 リラクタンスモータ

20 ステータ

22U、22u、22V、22v、22W、22w 突極

24 捲線

30 ロータ

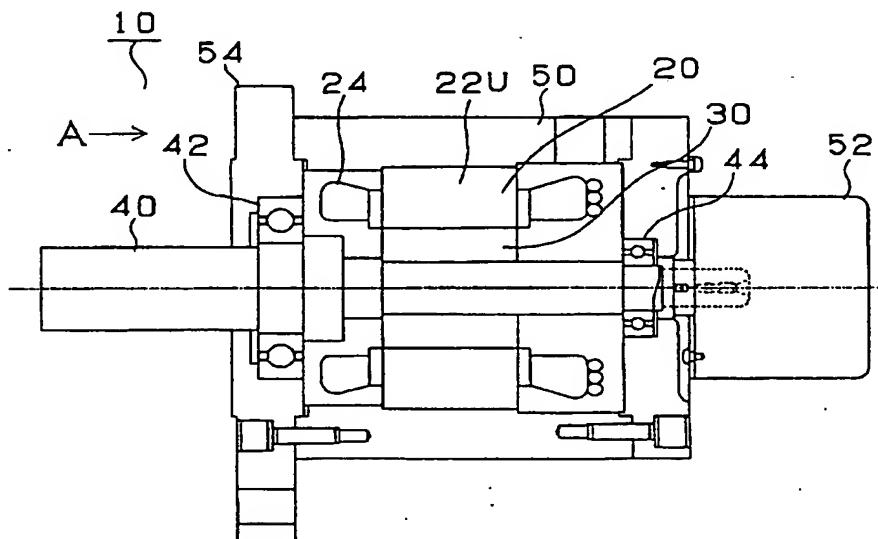
32 突極

40 シャフト

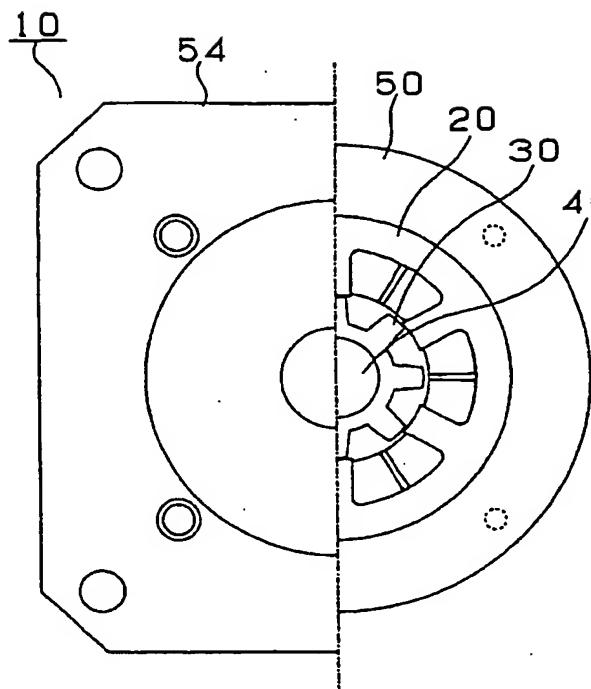
S, S1~S4 先端面

10 C1, C2 角部

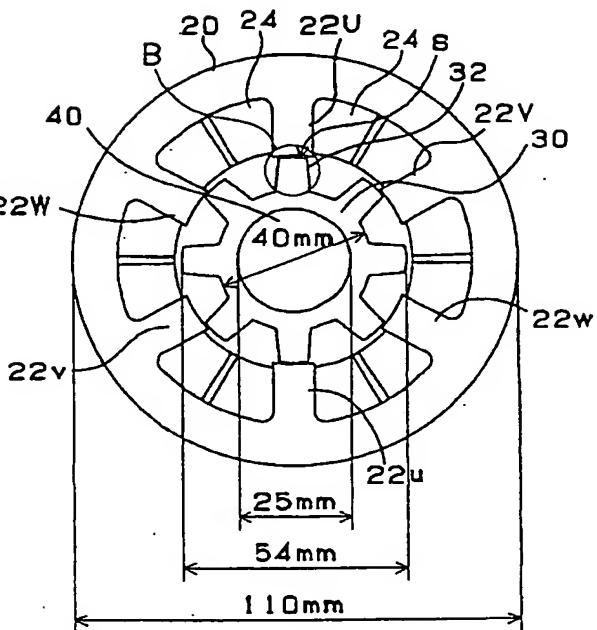
【図1】



【図2】

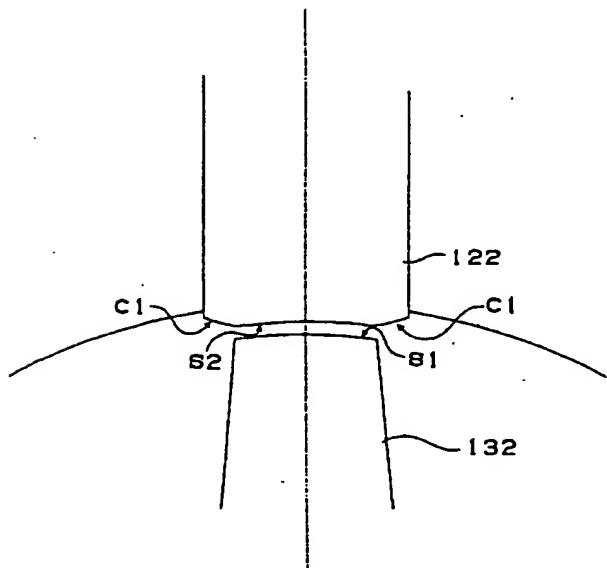


【図3】

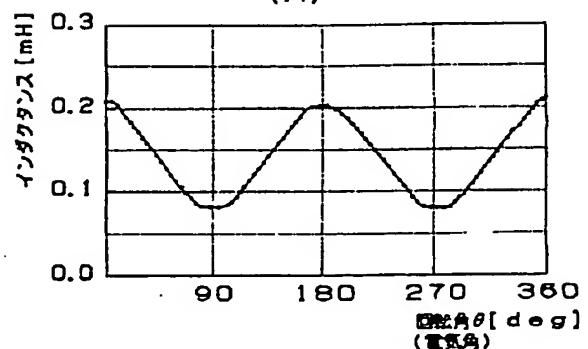


【図5】

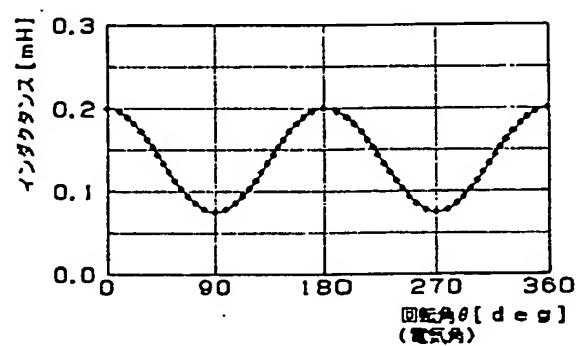
【図8】



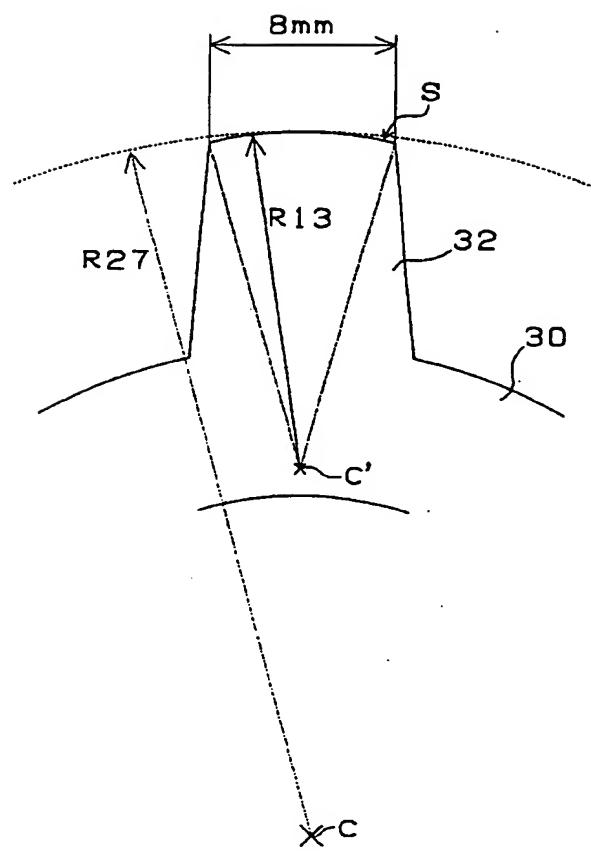
(A)



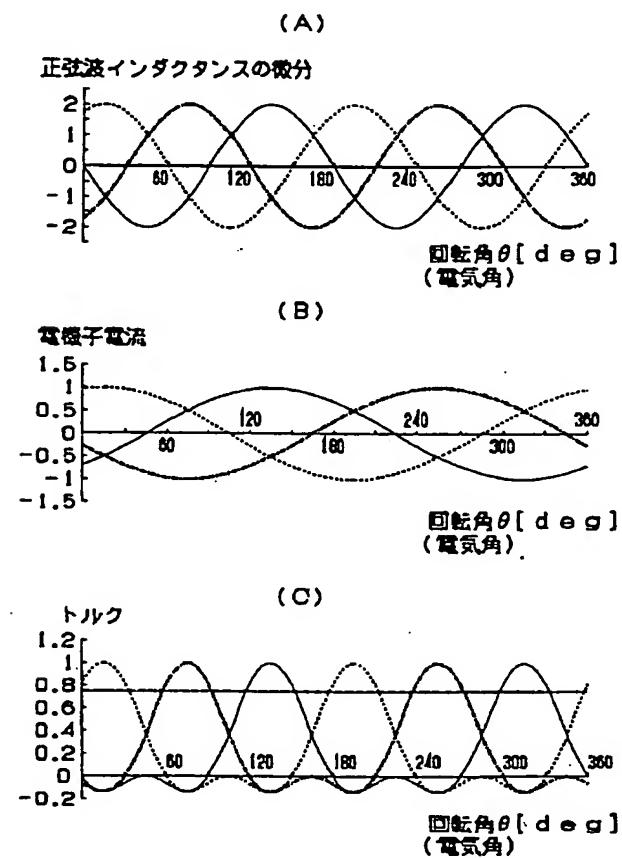
(B)



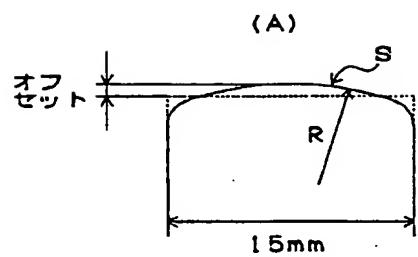
【図4】



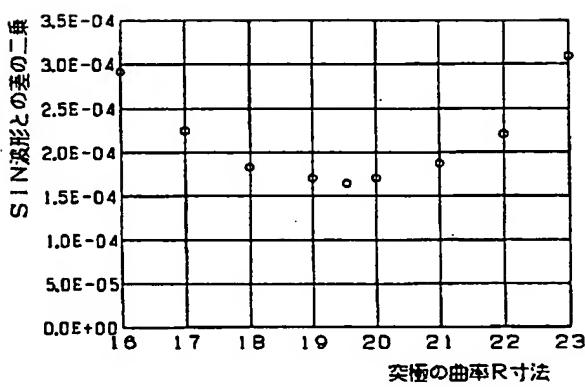
【図6】



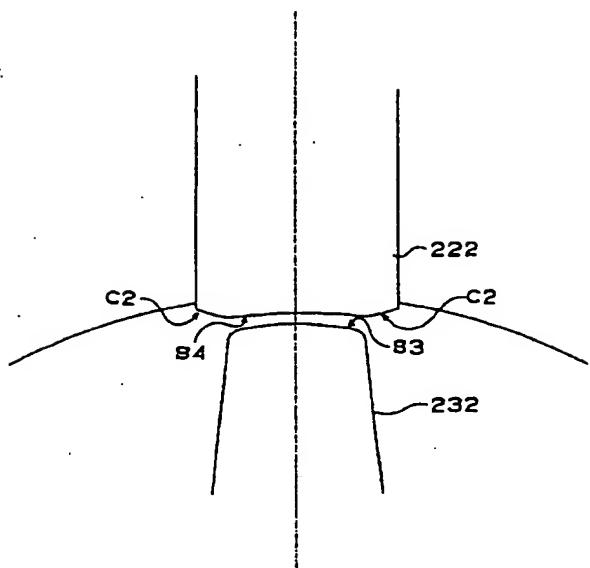
【図7】



(B)



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**